

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-023875

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/126

G02B 5/18

(21)Application number : 09-175652

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV  
LAB INC

(22)Date of filing : 01.07.1997

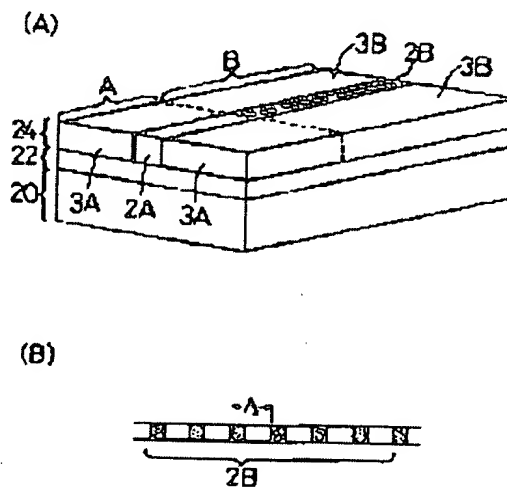
(72)Inventor : WATANABE OSAMU  
TSUCHIMORI MASAOKI  
ITO HIROSHI

## (54) OPTICAL INTEGRATED ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the optical integrated element which can select the mode of transmitted light and also select the wavelength of the transmitted light.

SOLUTION: The optical integrated element has a waveguide layer 24 formed of a material developing refractive index anisotropy or a material having the said material dispersed in matrix. Part of the waveguide layer 24 constitutes a mode filter A which selectively transmits light of TE mode or TM mode. The rest of the waveguide layer 24 constitutes a grating B in grating-shaped refractive index modulation structure.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.03.2003

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-23875

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>G 0 2 B 6/126  
5/18

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12  
5/18

E

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-175652  
(22) 出願日 平成9年(1997) 7月1日

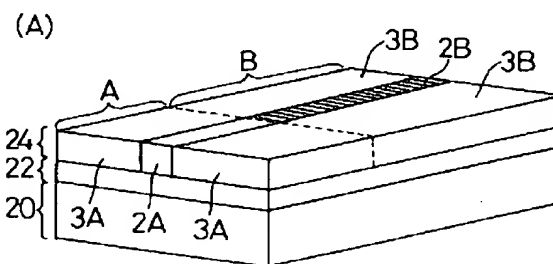
(71) 出願人 000003609  
株式会社豊田中央研究所  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1  
(72) 発明者 渡辺 修  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(72) 発明者 土森 正昭  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(72) 発明者 伊藤 博  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 光集積化素子

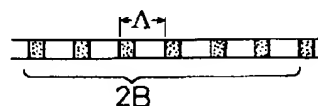
(57) 【要約】

【課題】透過する光のモードを選択できると共に、透過する光の波長を選択できる光集積化素子を提供する。

【解決手段】光集積化素子は、屈折率異方性を発現する材料または前記材料をマトリックスに分散させた材料で形成された導波層24をもつ。導波層24の一部分は、TEモード及びTMモードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタAを構成する。導波層24の他部分は、格子状の屈折率変調構造を備えたグレーティングBを構成する。



(B)



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】屈折率異方性を発現する材料または前記材料をマトリックスに分散させた材料で形成された導波層と、前記導波層を保持する基体とを具備して構成され、前記導波層の一部分は、TEモード及びTMモードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタを構成し、前記導波層の他部分は、屈折率変調構造を備えたグレーティングを構成することを特徴とする光集積化素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光集積化素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、チャンネル型導波路の作製技術の一つとして、光照射を利用したフォトリソという技術が提案されている（Electronics Lett., 26, 1990, p379）。この技術は、基板に積層された導波層を構成する部位に光照射し、光照射した部分の屈折率を低下させ、これにより光を閉じ込めて透過させるコアを備えた導波層を形成する技術である。

【0003】この技術は、光学的等方性媒質で形成された導波層を対象としており、光学的異方性媒質への解析は手つかずの状態である。特開昭62-29913号公報の第4図には、モードフィルタとして機能する導波路型素子として、ガラス導波層のうち光を透過させるコアの上に金属を配置したり、コアに対して屈折率が異なる光学的異方性結晶（方解石、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、膜など）をコアの上に配置したりする技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記した公報技術よりも更に技術的に進歩したものであり、その課題は、屈折率異方性を発現する材料を用いて形成した導波層を利用することにより、透過する光のモードを選択できると共に、透過する光の波長を選択できる光集積化素子を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光集積化素子は、屈折率異方性を発現する材料または前記材料をマトリックスに分散させた材料で形成された導波層と、導波層を保持する基体とを具備して構成され、導波層の一部分は、TEモード及びTMモードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタを構成し、導波層の他部分は、屈折率変調構造を備えたグレーティングを構成することを特徴とするものである。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について説明を加える。

・屈折率異方性を発現する材料

屈折率異方性を発現するものとしては、光異方性屈折率可変材料を採用できる。光異方性屈折率可変材料としては、光照射前に異方的な屈折率を示し、更に、光照射に伴い屈折率が変化しかつ光照射に伴う屈折率変化が増加と減少との両成分を有する材料をいう。このような材料としては、光照射により分子構造変化を起こす様なものを採用できる。光照射に伴い分子構造変化を起こすものとして、具体的には、トランス-シス光異性化可能な炭素炭素二重結合ないしはアゾ基を有する化合物が挙げられる。

【0007】所望の屈折率変化を引き起こすには、異方性屈折率変化が大きな分子を用いることが重要であり、アゾベンゼン誘導体、スチルベン誘導体が好ましい。これら誘導体にアルキル基、カルボキシ基、ニトロ基、シアノ基、アミノ基、メトキシ基等の官能基を結合させることにより、より異方性変化を大きくすることが可能となる。さらにニトロ基、シアノ基等の電子吸引性基、アミノ基、メトキシ基の様な電子供与性基をそれぞれ分子の両端に導入することにより、さらに屈折率異方性変化を大きくすることが可能となる。

【0008】なお上記した材料は、光照射を続けることにより、炭素炭素二重結合ないしはアゾ基の還元、酸化、切断等が生じる事があるが、所望の異方性変化を引き起こすものであれば一向にかまわない。むしろ熱的にシス-トランス異性化が生じて屈折率が元に戻る場合より、好ましいと言える。光照射は、光異性化を引き起こす波長で行われる。一般には、紫外域から可視域の波長をもつ光が照射される。光照射の際の光源としては高圧水銀灯が一般的であるが、エキシマーレーザ等の利用も可能である。

【0009】上記した屈折率異方化可能な化合物が高分子内に分散ないしは結合する事によって、あるいは、適当なマトリックス（例えば樹脂やガラス等）に分散ないしは結合する事によって、所望の光異方性屈折率可変材料を提供できる。マトリックスとなる樹脂としては、特に限定されず、例えばウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂等の熱可塑性樹脂、フェノール樹脂等の熱硬化性樹脂を採用できる。

【0010】また、光照射前に異方的な屈折率を示すには、上記した材料を含む高分子材料をスピンコート法あるいは溶融押し出し成形等により、導波層の面内に分子配向させることにより実現できる。異方性の程度は、粘度、スピンコート法における回転数、成型時の延伸割合等で制御できる。なお、上記した性質をもつ材料やマトリックスは、導波損失性が低いことが好ましい。一般的に光集積化素子において使用される光の波長域は、可視から近赤外にわたる領域であり、従って光集積化素子が使用される波長領域での損失性が低いことが好ましい。即ち、可視域波長で光集積化素子が使用される場合はそ

の領域で、近赤外域波長で光集積化素子が使用される場合はその領域で、損失性が低ければよい。所望の低導波損失が得られる限り、上記した光異性化可能な化合物が高分子内で分散ないしは結合することによって、或いは、樹脂やガラス等の適当なマトリックスに分散ないしは結合した光異方性屈折率可変材料をそのまま使用しても良い。さらに別のマトリックスと混合して使用しても良い。

#### 【0011】・モードフィルタ

本発明に係る光集積化素子において、導波層の一部分は、TEモード及びTMモードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタを構成する。モードフィルタは、光を閉じ込めて透過させるコアと、コアに被覆されたクラッドとで構成できる。ここで、常光屈折率を $n_o$ とし、異常光屈折率を $n_e$ として定義したとき、本発明に係るモードフィルタでは、下記の①②のうちのいずれか一方の關係に設定されている。

【0012】①コアの $n_o >$ クラッド $n_o$ 、かつ、コアの $n_e \leq$ クラッドの $n_e$

②コアの $n_e >$ クラッド $n_e$ 、かつ、コアの $n_o \leq$ クラッドの $n_o$

図1を参照して説明する。図1は、上記した①の關係を満たしたモードフィルタである。例えば、コア2Aの $n_o = 1.706$ 、クラッド3Aの $n_o = 1.702$ に設定されていると共に、コア2Aの $n_e = 1.676$ 、クラッド3Aの $n_e = 1.680$ に設定されている。

【0013】上記した①の關係により、コア2Aの $n_o >$ クラッド $n_o$ の關係からTEモードの光をコア2Aに閉じこめて透過でき、コア2Aの $n_e \leq$ クラッドの $n_e$ の關係からTMモードの光を閉じこめることができず、放射させてしまう。結果として図1に示すモードフィルタは、TEモードの光のみを選択的に取り出す事ができるTEモードフィルタとして機能できる。

【0014】図1に示すモードフィルタの製造にあたっては、次のようにできる。即ち、図2に示すように、基板20にアンダークラッド22を介して導波層24を積層し、コア2Aに相当する部位にマスク40を覆い、かつ、クラッド3Aに相当する部位を露出させる。その状態で紫外線をマスク40越しに照射する。これにより照射を受けたクラッド3Aに相当する部位においては、 $n_o$ が低下すると共に $n_e$ が増加する。これにより上記した①の關係をもつTEモードフィルタが形成される。

【0015】逆に、図3に示すモードフィルタでは、上記した②の關係が満たされている。例えば、コア2Aの $n_o = 1.702$ 、クラッド3Aの $n_o = 1.706$ に設定されていると共に、コア2Aの $n_e = 1.680$ 、クラッド3Aの $n_e = 1.676$ に設定されている。上記した②の關係により、TEモードの光を放射し、TMモードの光をコア2Aに閉じ込めて透過できる。従って図3に示すモードフィルタは、TMモードの光のみを選

択的に取り出す事ができるTMモードフィルタとして機能できる。

【0016】図3に示すモードフィルタの製造にあたっては次のようにできる。即ち、図4に示すように、基板20にアンダークラッド22を介して導波層24を積層し、クラッド3Aに相当する部位にマスク40を覆い、かつ、コア2Aに相当する部位を露出させる。その状態で紫外線をマスク40越しに照射する。これにより照射を受けたコア2Aに相当する部位においては、 $n_o$ が低下すると共に $n_e$ が増加する。これにより上記した②の關係をもつTMモードフィルタが形成される。

#### 【0017】・グレーティング

本発明の光集積化素子では前記したように、導波層の他部分は、グレーティングを構成する。一般的には、グレーティングは、モードフィルタと直列的な導波構造で形成されている。グレーティングは、コアにおいて屈折率が周期的に変化する屈折率変調構造により構成できる。屈折率が周期的に変化する部位は、照射する光のビームを干渉させ、干渉縞を発生させることにより形成できる。場合によっては、導波層のうち光が透過するコアの表面に、周期的な凹凸を配置する所謂レリーフ型で形成しても良い。

#### 【0018】・実施形態の一例

実施形態の一例の要部を図5に示す。この例では、基体としての基板20にアンダークラッド22が積層され、その上に導波層24が積層されている。導波層24の片側はモードフィルタAを構成し、導波層24の他の片側はグレーティングBを構成する。モードフィルタAとグレーティングBとは直列的導波構造とされている。モードフィルタAにおいて、導波層24は、TEモードまたはTMモードの光のいずれか一方を閉じ込めて透過させるコア2Aと、コア2Aの両側に配置されたクラッド3Aとを備えている。コア2Aとクラッド3Aとの屈折率の關係は上記した①または②のいずれか一方に設定されている。

【0019】グレーティングBにおいて、導波層24は、モードフィルタAのコア2Aと同様に、TEモードまたはTMモードの光のいずれか一方を閉じ込めて透過させるコア2Bと、コア2Bの両側に配置されたクラッド3Bとを備えている。グレーティングBのコア2Bにおいては、その長さ方向に沿って格子状の屈折率変調構造が形成されている。図5(B)において、屈折率変調構造の周期は $\Lambda$ で示されている。

【0020】なお、図5に示す実施形態の光集積化素子においては、モードフィルタAを入射側とし、グレーティングBを出射側としても良い。逆に、グレーティングBを入射側とし、モードフィルタAを出射側としても良い。図5に示す実施形態では、モードフィルタAとグレーティングBとがそれぞれ1カ所ずつ直列的導波構造で設けられているが、必要に応じて、モードフィルタAの

数、グレーティングBの数を増やすことも可能である。

【0021】・光集積化素子においてモードフィルタAのコア2A、グレーティングBのコア2Bは、図1～図5に示すように、これらが埋設されたチャンネル型であってもよい。或いは、コア2A、2Bが外方に突出したリッジ型であってもよい。場合によっては、ファイバーの様に、円筒型のコア及びクラッドの構成でもかまわない。

【0022】導波層24の上方には、オーバークラッドが存在してもよい。この場合、オーバークラッドの材料は横方向のクラッド3A、3Bの屈折率と同じであってもよいし、モードフィルタの性能を損なわない限り、他の屈折率の材料でもかまわない。

#### ・製造方法

上記した光集積化素子を製造するにあたっては、モードフィルタAを形成するための光照射処理と、グレーティングBを形成するための光照射処理とを採用できる。

#### 【0023】(1) 光照射処理

導波層において屈折率変化を起こさせモードフィルタAを形成するための光照射は、光異性化を引き起こす波長で行われる。一般には、紫外域から可視域の波長をもつ光が照射され、レーザ光、非レーザ光を問わない。モードフィルタAを形成する際の光照射の光源としては、高圧水銀灯が一般的であるが、エキシマレーザ等の利用も可能である。

【0024】光照射にあたっては、屈折率異方性可変材料に所望の屈折率変化量を引き起こすのに必要な照射光強度、照射時間が適宜選択される。また、照射時間の短縮化の為に、屈折率異方性可変材料の温度を高めて照射すると、一般的には、屈折率異方性可変材料の屈折率変化の効率が高くなり易い。光照射時間と屈折率の可変との関係は、後述する図8に示されている。図8の試験結果から理解できるように、上記した屈折率異方性可変材料では、光照射により、□や△で例示するように正常光屈折率 $n_o$ が低下し、◇や○で例示するように異常光屈折率 $n_e$ が増加する。

【0025】グレーティングBの作製にあたっては、導波層のうち光が透過するコアにおいて、二光束干渉法や位相格子法等により、照射する光の干渉縞を生成し、干渉縞により格子状の屈折率変調構造を形成する方法を採用できる。グレーティングBを作製するための光としては、上記同様に光異性化を引き起こす波長域で行われ、一般には、紫外域から可視域の波長をもつ光を採用できる。特にコヒーレント性をもつレーザ光が好ましい。

【0026】図6は二光束干渉法を用いてグレーティングBの格子状の屈折率変調構造を形成する形態を示す。この場合には、紫外線域の波長をもつレーザ光をビームスプリッタ100で2つの光束に分割し、2つに分割した光束をミラー102で反射させ、グレーティングBのコア2Bに対して入射角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を等しくしつつ、グ

レーティングBのコア2Bに干渉縞106を生成する。これにより図5(A)(B)に示すように、グレーティングBのコア2Bにおいて、格子状の屈折率変調部分が所定の周期 $\Lambda$ で形成される。二光束干渉法では、ミラー102の位置を調整することにより、グレーティングBの周期 $\Lambda$ を制御できる。

【0027】図7は、位相格子法を用いてグレーティングBの屈折率変調構造を形成する形態を示す。この場合には、紫外線域の波長をもつレーザ光を用い、位相格子200による回折光を利用してグレーティングBのコア2Bに干渉縞206を生成する。これによりコア2Bにおいて、格子状の屈折率変調部分が所定の周期で形成される。位相格子法では、位相格子200の格子のピッチによりグレーティングBの周期 $\Lambda$ を制御できる。

【0028】グレーティングBにおける周期 $\Lambda$ は一般的には一定間隔とするが、場合によっては、連続的に変化させる形態でも良い。この場合には、波長の分散補正等の機能を実現するのに有利である。グレーティングBのコア2Bにおける屈折率変調部分の周期 $\Lambda$ を適宜選択すれば、その周期 $\Lambda$ に対応した波長をもつ光がコア2Bを透過でき、他の波長の光は透過せず、反射される。即ち図5において、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光をそれぞれ光集積化素子に入射したとしても、周期 $\Lambda$ に対応する波長の光は反射されて透過せず、他の波長の光が透過する。従ってグレーティングBにおける周期 $\Lambda$ は、グレーティングBのコア2Bを透過する光の波長、コア2Bで反射する光の波長を規定する。よって反射型の波長選択機能を備えた導波路構造が提供される。

【0029】ここで、グレーティングBの屈折率変調構造の周期を $\Lambda$ とし、グレーティングBにより反射される光の波長を $\lambda$ とし、グレーティングBのコア2Bの透過屈折率を $n_{core}$ としたとき、基本的には、次の式

(1) が成立すると考えられる。

$$\lambda = 2 \cdot n_{core} \cdot \Lambda \cdots (1)$$

【0030】

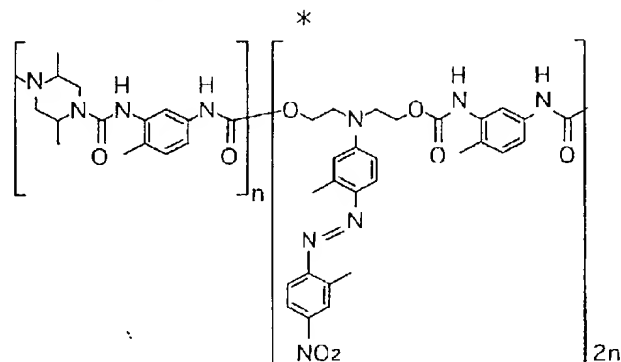
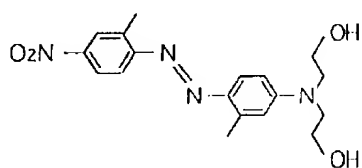
【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。まず、実施例で用いた導波層を構成する屈折率異方性可変材料の合成方法を説明し、次に光集積化素子の製造方法を項目別に説明する。本実施例において、分子構造の確認は赤外線吸収スペクトルと、 $^1\text{H}$ 核磁気共鳴スペクトルとによりおこなった。融点およびガラス転移温度の測定は示差走査熱量計によりおこなった。屈折率は、導波層にカップリングプリズムを用いて光を入射し、導波モードを励起したときのモードアングルにより求めた。

【0031】(屈折率異方性可変材料の合成方法) 2-メチル-4-ニトロアニリン7.61gを水100mlと3.6%塩酸水溶液45mlの混合液に溶解して3℃に冷却した。その溶液に水18mlに溶かした亜硝酸ナトリウム3.80gを加えた。この溶液を3℃に保って1時間攪拌した。さらにこの溶液中にm-トリルジエタノ

ールアミン 9.76 g を水 125 ml と 36% 塩酸水溶液 7.5 ml の混合液に溶解した溶液を 30 分間かけて添加した後、3℃で 20 分間攪拌し、さらに 20℃で 60 分間攪拌して反応させた。反応混合物に 35.4 g の水酸化カリウムを水 200 ml に溶かした液を添加して中和し、析出した粗生成物を濾別水洗して乾燥させた。この生成物をエタノールから再結晶を 2 回繰り返して以下の構造式 (化 1) で示される 4-N, N-ビス (2-ヒドロキシエチル) アミノ-2, 2'-ジメチル-4'-ニトロアゾベンゼンを得た (収率; 80%, 融点; 106.9℃)。

【0032】

【化 1】



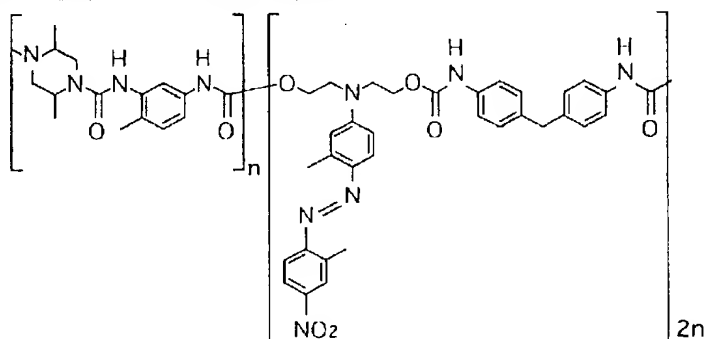
【0036】次に、上記したように合成した構造式 (化 1) の化合物 1.50 g と 4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアナート 1.571 g とを N-メチル-2-ピロリドン 90 ml に溶解して、100℃で 90 分間攪拌した。この溶液を 20℃に冷却した後、N-メチル-2-ピロリドン 10 ml に溶解させたトランス-2, 5-ジメチルピペラジン 0.239 g を加え、20℃で 5 時間攪拌して反応させた。反応混合物をエタノール 300 ml に投入して、析出した沈殿ポリマーを濾別し減圧※

※乾燥した。

【0037】この生成ポリマーは、以下の構造式 (化 3) であることを確認した (収率; 96%, ガラス転移温度; 114℃, N-メチル-2-ピロリドン中での固有粘度 0.80 dl/g, 吸収極大波長; 475 nm)。

【0038】

【化 3】



【0039】(光集積化素子の製造方法)本実施例の製法は、図5に示すモードフィルタA及びグレーティングBを直列的導波構造で配置した光集積化素子を形成する例である。基体として機能する基板として、結晶軸<100>で切り出した厚み約500 $\mu$ mの片面鏡面の4インチシリコンウエハー(三菱マテリアル製;n型)を4分割したものを用いた。

【0040】分割したウエハーをHF:純水=1:50の溶液に約1分間浸し、表面を洗浄した。次に、純水で5分程度流水洗浄後、スピンドライヤーにて乾燥した。次に、アンダークラッド22を構成する材料として、ポリイミド(日立化成製;PIX2400)を使用し、基板にポリイミドを塗布し、熱処理(150°Cで1h、300°Cで1.5h)を行い、アンダークラッド22とした。

【0041】ガラス上に同一条件で作製した薄膜の厚みを触針式表面あらさ針(Sloan Technology Corp製;DEKTAK11)で測定し、試料厚みとした。以下の工程でも同様に膜厚を決定した。アンダークラッド22であるポリイミド層の厚みは約7 $\mu$ mであった。導波層24に相当するポリマーの薄膜部分を構成するにあたっては、上記のように製造した屈折率異方性可変材料を、溶媒としてのピリジンに混ぜ、比較的低濃度(1重量%)のピリジン溶液を形成した。そのピリジン溶液を、0.2 $\mu$ mのテフロンフィルター(アドバンテック東洋製;DISMIC13P)でろ過した後、エバポレータで濃縮して高濃度溶液(6重量%程度)にした。その後、フォトレジストスピナーを用いたスピコート処理により、アンダークラッド22上にこの高濃度溶液を塗布して導波層24を積層した。

【0042】上記スピコート処理後、室温にて、約6時間真空乾燥を行った。得られた導波層24の膜厚は1.3 $\mu$ mであった。次に、フォトリソとも呼ばれる光照射処理を行った。即ち、超高圧水銀ランプ(ウシオ電機製;USH-250BY)を光源として用い、平行光照射可能な露光装置用光源ユニット(ウシオ電機製;マルチライトML-251A/B)で、基板上の導波層24に対して紫外線(UV)照射を行った。照射パワーは80mW/cm<sup>2</sup>であった。光照射の際には、石英ガラス上に低反射クロムで描画したフォトマスク(凸版印刷製)を用いた。このフォトマスクを試料表面に接触させ、試料を110°Cに加熱し、試料の上方よりマスク越しに1時間照射した(図2参照)。

【0043】上記した紫外線照射により、モードフィルタAを構成するコア2Aとクラッド3Aとが形成された。本実施例では、コア2Aとクラッド3Aとにおける屈折率 $n_o$ 、 $n_e$ の関係は、上記した①②の関係のうちの①とされた。本実施例ではモードフィルタAを形成する際には、モードフィルタAのコア2Aの他に、グレーティングBのコア2Bについても、上記した超高圧水銀

ランプからの紫外線が照射されている。

【0044】その後、パルスNd:YAGレーザから発振される第3高調波のビーム(波長:355nm)を用い、二光束干渉法により、グレーティングBのコア2Bのみに、格子状の屈折率変調構造を書き込んだ。グレーティングBの周期(ピッチ) $\Lambda$ が243nmとなるように書き込み時におけるミラー角度を調整した。この場合には、照射処理は、試料温度が80°Cで2時間とした。

【0045】 $\lambda_c = 2 \cdot n_{core} \cdot \Lambda$ を示す上記した

(1)式に基づけば、コア2Bの $n_{core}$ が1.7であれば、830nm $\approx 2 \times 1.7 \times 243$ nmとなる。故に理論的には、830nmの光は、グレーティングBに入射させても反射され、透過しないことになる。

(光透過実験)上記したように製造した試料を用い、光透過実験を行った。この試料のモードフィルタAは図1、図2に示す方式のものであり、TMモードを透過せず、TEモードを透過する。この実験では、波長830nmの半導体レーザと、波長1.3 $\mu$ mの半導体レーザを入射光源として用いた。光透過実験では、基本的には、半導体レーザ、レンズ、光ファイバーであるラミボールファイバー偏光子(住友大阪セメント製)、試料である光集積化素子の順に配置した。光集積化素子のうちモードフィルタAを入射部としてラミボールファイバー偏光子に結合し、光集積化素子のうちグレーティングBを出射部に配置した。

【0046】波長830nmの光を用い、TEモードとTMモードとを1:1の強度で励振させて上記試料に入射させた場合には、これの導波光は観測できなかった。

即ち、波長830nmの光はグレーティングBで反射され、透過しなかった。また波長1.3 $\mu$ mの光を用い、TEモードとTMモードとを1:1の強度で励振させて上記試料に入射させた場合には、これの導波光を観測できた。つまり波長1.3 $\mu$ mの光(TEモード)はグレーティングBを透過した。従って、本実施例に係る光集積化素子のグレーティングBは、波長選択フィルタとして機能することが観測された。

【0047】(照射試験)上記した実施例に係る屈折率異方性可変材料を採用した場合において、光照射処理の照射時間と屈折率の可変の程度との関係を試験した。更に、照射処理の際の試料の温度と屈折率の可変の程度との関係を試験した。屈折率測定では、プリズムカップラー(metricon製;PC2010)を用い、導波する光として波長633nm、波長830nmを用いた。

【0048】試験結果を図8、図9に示す。図8は、照射時間と屈折率との関係(照射温度が110°Cのとき)を示す。更に図9は、照射温度と屈折率との関係(照射時間が1時間のとき)を示す。図8及び図9において、 $\square$ は波長633nmの光を用いたときの $n_o$ を示



し、○は波長 633 nm の光を用いたときの  $n_e$  を示す。 $\Delta$  は波長 830 nm の光を用いたときの  $n_o$  を示し、◇は波長 830 nm の光を用いたときの  $n_e$  を示す。

【0049】図 8 の□や△に示す試験結果から理解できるように、光照射処理により、 $n_o$  の屈折率が低下しており、かつ、図 9 の◇や○に示す試験結果から理解できるように、 $n_e$  の屈折率が増加していることが確認された。また図 9 から理解できるように、上記実施例に係る屈折率異方性可変材料においては、屈折率は試料の温度の影響を受けることが確認された。特に温度が高い程、屈折率が変化する割合が大きいことが確認された。

【0050】（付記）上記した記載から次の技術的思想も把握できる。

○光照射により屈折率異方性が可変の材料または前記材料をマトリックスに分散させた材料で形成した導波層を用い、導波層に光照射することにより、TE モード及び TM モードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタを導波層に形成する操作と、前記導波層の導波構造に光照射して、屈折率変調構造を備えたグレーティングを導波層に形成する操作とを実行することを特徴とする光集積化素子の製造方法。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、導波層の一部分が TE モード及び TM モードのいずれか一方の光を選択的に透過させるモードフィルタを構成し、導波層の他部分が光の波長を選択するグレーティングを構成するため、モードフィルタ及びグレーティングを構成する導波層を同一材料で形成した一体化素子に得ることができる。従って、構成が単純で、かつ作製プロセスが簡便な集積化素子を得ることができる。

【0052】また本発明によれば、モードフィルタにおける導波構造及びグレーティングにおける導波構造が同一材料で連続的に繋がっているため、モードフィルタ部分とグレーティング部分との接続部分における結合損失\*

\* を小さく抑えることができる。常光屈折率を  $n_o$  とし、異常光屈折率を  $n_e$  として定義したとき、本発明に係るモードフィルタでは、光照射を利用して導波層における  $n_e$ 、 $n_o$  を調整することにより、下記の①②のうちのいずれか一方の關係に設定できる。

【0053】①コアの  $n_o >$  クラッド  $n_o$ 、かつ、コアの  $n_e \leq$  クラッドの  $n_e$

②コアの  $n_e >$  クラッド  $n_e$ 、かつ、コアの  $n_o \leq$  クラッドの  $n_o$

10 このようにすれば、TE モードまたは TE モードのいずれか一方の光のみを選択して透過できるモードフィルタを構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】導波層のモードフィルタの部分の概念を示す構成図である。

【図 2】図 1 に示す形態のモードフィルタを形成する場合の製造過程を概念的に示す構成図である。

【図 3】他の形態に係る導波層のモードフィルタの概念を示す構成図である。

20 【図 4】図 3 に示す形態のモードフィルタを形成する場合の製造過程を概念的に示す構成図である。

【図 5】モードフィルタとグレーティングとを備えた光集積化素子の全体概念を示す斜視図である。

【図 6】二光束干渉法を採用してグレーティングを形成する形態を概念的に示す構成図である。

【図 7】位相格子法を採用してグレーティングを形成する形態を概念的に示す構成図である。

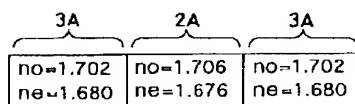
【図 8】光照射における照射時間と屈折率との關係を示すグラフである。

30 【図 9】光照射における試料温度と屈折率との關係を示すグラフである。

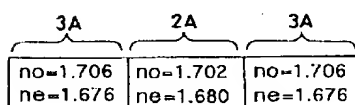
【符号の説明】

図中、A はモードフィルタ、B はグレーティング、20 は基板（基体）、24 は導波層、2A、2B はコア、3A、3B はクラッドを示す。

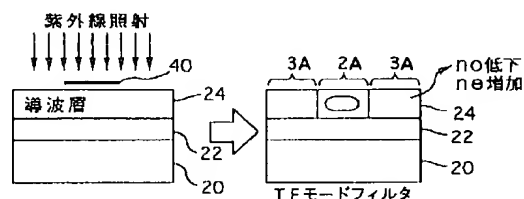
【図 1】



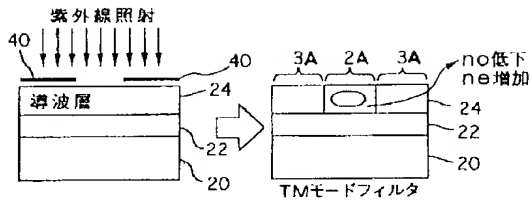
【図 3】



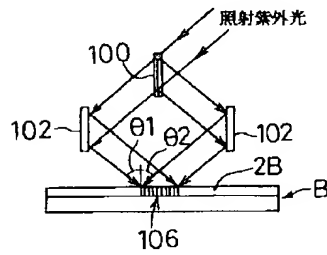
【図 2】



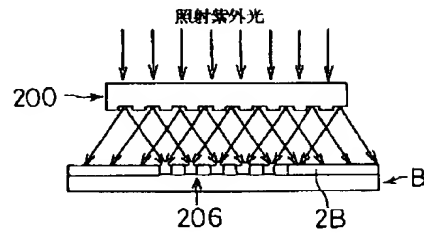
【図4】



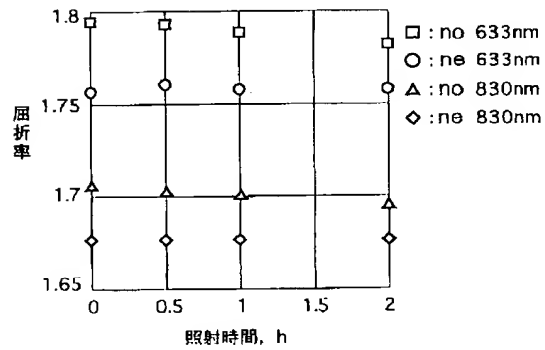
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

